

2 °C kalten Meereswasser zur Ausfällung von Schwermetallsulfiden kommt, die sich zu schlotartigen Gebilden zusammenballen. Wegen ihrer dunklen Färbung durch die feinverteilten Erzpartikel werden die heißen Fontänen als Black Smoker („Schwarze Raucher“) bezeichnet. Daneben gibt es auch White Smoker („Weiße Raucher“), in denen die abgeschiedenen Mineralpartikel aus Schwespat und Kieselsäure bestehen. Die entstehenden Erzanreicherungen können im Prinzip abbauwürdig sein; doch stehen einer Nutzung zur Zeit die hohen Gewinnungskosten sowie unkontrollierbare Umweltprobleme entgegen (Herzig, 1994).

### **Eine verborgene Lebewelt – Die Black-Smoker-Lebensgemeinschaften**

Gebunden an den Austritt der heißen Quellen in großer Meerestiefe entwickelten sich einzigartige und hochspezialisierte Ökosysteme benthischer Lebensformen, d.h. von Organismen, die auf dem felsigen Meeresboden leben bzw. angeheftet sind. Dort herrschen extremste Bedingungen; denn es gibt in diesen Lebensräumen kein Tageslicht mehr und die Drücke der Wassersäule erreichen bei einer Meerestiefe von 2000 bis 4000 m schon 200 bis 400 bar. Die Wassertemperaturen im Umfeld der Black- und White-Smoker liegen in einem Temperaturbereich von 10 bis 350 °C, denn die heißen Quellen verlassen mit einer Temperatur von ca. 350 °C den Meeresgrund und vermischen sich mit dem kalten Tiefseewasser des Ozeans, das nur eine Temperatur von 2 °C aufweist.

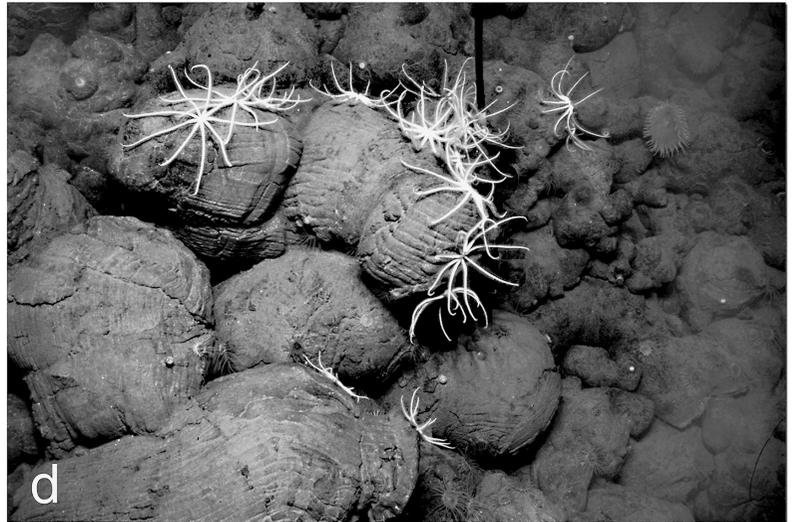
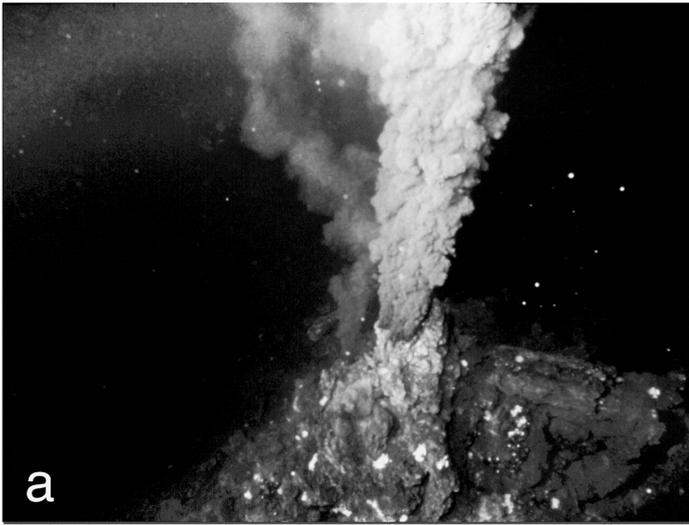
In einer solchen extremen Umwelt vermögen am besten Mikroorganismen mit thermostabilen Zellbestandteilen und Enzymsystemen zu existieren, z.B. die Archaea (eines der sechs Reiche der Organismen, früher als Archaeobakterien bezeichnet). Diese können bei einer Temperatur über 113 °C existieren und sich vermehren – sinkt die Temperatur aber auf weniger als 90 °C, stellen sie ihr Wachstum ein. Archaea sind die Basis der Nah-



Lebensbild von *Riftia*-Würmern (Vestimentifera) und weiteren Organismen an der Austrittsbasis eines Black Smokers. (Zeichnung von V. Martin, nach Laubier (1986), verändert).

rungepyramide, alle höheren Organismen ernähren sich von ihnen oder stehen mit ihnen in Symbiose. Das Black-Smoker-Ökosystem bezieht seine Energie also nicht über die Photosynthese von der Sonne, sondern vielmehr aus Schwefelwasserstoff, Kohlendioxid und Sauerstoff der heißen mineralischen Wässer. Bei der Chemosynthese dient der Schwefelwasserstoff aus den Schloten als Energiequelle.

Zuerst überziehen die Archaea die Umgebung der Austrittsstellen dieser hydrothermalen Lösungen, einige



(a) Black Smoker und (b) White Smoker am Grunde des Pazifischen Ozeans in 1700 m Wassertiefe.

Sie wurden im Jahre 1989 durch das französische Tauchboot *Nautilus* im Vai-Lili-Hydrothermalgebiet am Valu-Fa-Rücken des Lau-Beckens, Südwest-Pazifik, entdeckt. Die schwarze Farbe der 340 °C heißen Fontäne des Black Smoker ist auf feinverteilte Kriställchen von Schwermetallsulfiden zurückzuführen, die im Kontakt zwischen der heißen Quelle und dem 2 °C kalten Meerwasser ausgefällt wurden. Demgegenüber besteht der 334 °C heiße Rauch des White Smoker überwiegend aus hellen Mineralpartikeln wie Schwefel und Kieselsäure.

(Diese Fotos wurden in dankenswerter Weise von Professor Dr. Peter M. Herzig, Lehrstuhl für Lagerstättenlehre, TU Bergakademie Freiberg zur Verfügung gestellt).

c) Röhrenwürmer der Spezies *Riftia pachytila* von einer Black-Smoker-Lebensgemeinschaft des Ostpazifischen Rückens  
(Mit freundlicher Genehmigung der Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA, USA).

d) Zu den Brisingidae gerechnete Seesterne (Echinodermata, Asterozoa) aus einer Meerestiefe von 2380 m des Ostpazifischen Rückens. Die Tiere sitzen auf untermeerisch ausgeflossenen Basaltlaven mit typischer Kissenstruktur (Pillow-Laven).  
(Foto: Dr. Vesna Marchig BGR Hannover; mit freundlicher Genehmigung von Dr. Jens Stecher, Forschungsinsitut Senckenberg, Frankfurt am Main).

Wochen später folgen dann kleine Krebse und blinde Krabben, schließlich dann weiße Röhrenwürmer und zum Schluss höherentwickelte Lebewesen, z.B. große Venusmuscheln und Seesterne. An einer einzigen Black-Smoker-Lebensgemeinschaft wurden schon mehr als 55 verschiedene Arten gezählt, insgesamt sind etwa 300 neue Spezies bekannt geworden.

Die röhrentragenden Würmer, die in Kolonien an den hydrothermalen Schloten mit einer Dichte von bis zu 176 Individuen per m<sup>2</sup> siedeln, können bis zu 1,5 m lang werden und einen Durchmesser von 37 mm erreichen; es wurden sogar Wurmröhren bis zu 3 m Länge gemessen. Diese vestimentiferanen Würmer (eine neue, in die Nähe der Bartwürmer gestellte Tiergruppe) regulieren über ihre gesamte Körperlänge die Temperatur von über 80°C im Innern der Röhre bis auf 22°C an der Röhrenöffnung. Es wird angenommen, dass die Würmer an ihrem Hinterleib wärmeliebende Mikroorganismen tragen, die ihnen hitzetolerante Enzyme zur Verfügung stellen. Die Röhrenwürmer, z.B. die Gattung *Riftia*, leben mit den Archaeen in Endosymbiose. Unter Symbiose versteht man das gemeinsame Auftreten zweier verschiedener Organismen, deren Lebenszyklen auf das engste miteinander verbunden sind. Lebt einer der beiden Arten – Symbiont genannt – im Körper des anderen, dem Wirt, spricht man von Endosymbiose. *Riftia* erhält von den Archaeen reduzierte Kohlenstoffverbindungen und beliefert jene dafür mit den Rohstoffen, die sie für ihren chemolithoautotrophen Stoffwechsel brauchen: Kohlendioxid, Sauerstoff und Schwefelwasserstoff. Diese existentiell wichtigen Stoffe werden über das Kiemenbüschel des Wurms aufgenommen und mit dessen Kreislaufsystem zu den Archaeen in das Trophosom-Organ verfrachtet. Man kann

Kircher, Athanasius: MUNDUS SUBTERRANEUS. Amsterdam 1665, Bd. II, S. 91: Darstellung eines Drachen, der laut Kircher in der Verborgenheit unterirdischer Tiefen leben soll.

UB Würzburg, 26/Rp24, 3211.

sich das Trophosom des Röhrenwurms wie eine innere Fabrik vorstellen, in der die Archaeen als Fließbandarbeiter reduzierte Kohlenstoffverbindungen fabrizieren, die dem Wirtstier zur Nahrung dienen.

Die Black-Smoker-Biozönosen sind nur kurzzeitige Erscheinungen, die meist nur etwa 10 Jahre, maximal 100 Jahre fortbestehen, weil die Quellen erkalten oder bei Vulkanausbrüchen von frischen Lavamassen verschüttet werden. Die Larven vieler Organismen des Black-Smoker-Habitats können aber als Plankton verfrachtet werden, die des Röhrenwurms *Riftia* bis zu 100 km im Schnitt von 38 Tagen. Auch aus erdgeschichtlicher Vergangenheit sind Black-Smoker-Lebensgemeinschaften dokumentiert. Mit zu den ältesten zählen die fossilen Reste aus dem Silur von Yaman Kasy aus dem Süden des Urals. Sogar die aus einer dünnen Pyritschicht bestehende Röhrenwand der Würmer blieb von dort fossil überliefert.

Durch die jüngsten biologischen Meeresforschungen sind in überraschender Weise Vermutungen wahr geworden, deren fabulöse „Wirklichkeiten“ auch von Athanasius Kircher in seinem MUNDUS SUBTERRANEUS zusammengetragen wurden. Aber nicht Drachen oder Seejungfrauen wohnen in der Dunkelheit der verborgener Erd-



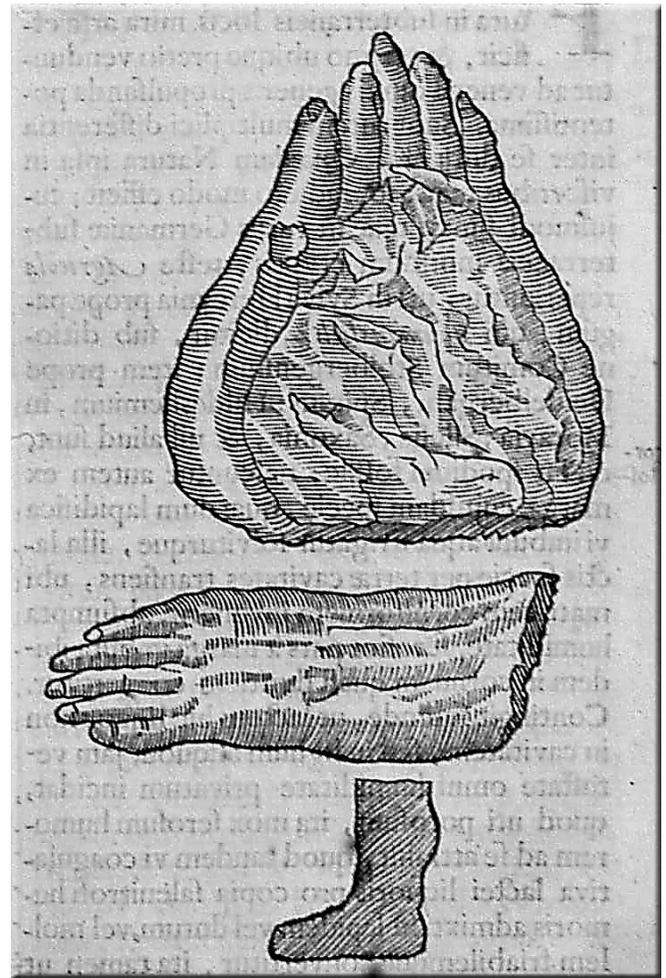
höhlen, sondern faszinierende Lebensgemeinschaften in der absoluten Dunkelheit der Tiefsee.

### **Athanasius Kircher: Über die Entstehung fossiler Knochen**

Schon in alter Zeit spielten Fossilien im Volksglauben der Menschen eine bedeutsame Rolle. Die Versteinerungen mit ihrem auffälligen Formenspiel führten in der vorwissenschaftlichen Zeit zu phantastischen Erklärungen über ihre Entstehung, die sich auch in vielen Sagen und Legenden wiederfinden. Dieser Mythos der Fossilentstehung wird auch von Athanasius Kircher in seinem *MUNDUS SUBTERRANEUS* an vielen Stellen reflektiert. Im zweiten Teil dieses Werkes (ab S. 60) setzt sich Kircher mit der Entstehung der unterirdisch vorkommenden Knochen auseinander; so bildet er drei fossile Objekte ab, von denen zwei zu den sogenannten Chiriten zu rechnen sind (Kircher 1665, II, 61).

Als Chiriten oder „Handsteine“ wurden isolierte Lamellen von Backenzähnen vorzeitlicher elefantenartiger Tiere, vorwiegend des eiszeitlichen Mammut bezeichnet. Die Anwesenheit solcher Fossilreste, oft vergesellschaftet mit den großen weißen Röhrenknochen dieser Tiere, wurde als Beweis für die einstige Existenz von Riesen angesehen.

Kircher vermittelt im *MUNDUS SUBTERRANEUS* die Ansichten verschiedener Autoren zur Fossilgenese; er zitiert Theophrast, Hector Boethus, Agricola und glaubt mit der gegebenen Abbildung die Meinung Ambrosinus illustrieren zu müssen. Kircher schreibt: „[...] *Und das sind jene Knochen, die die Natur erzeugt, und die nach einer weitverbreiteten und allgemeinen menschlichen Überzeugung Riesenknochen genannt werden. Dabei weisen sie innerlich, wenn man sie zerbricht, weder Mark, noch den porösen Markkanal auf, was doch der Fall sein müsste, wenn es Menschenknochen wären. Das alles bestätigt Ambrosinus, der einige von diesen Knochensteinen in der Ge-*



Kircher, Athanasius: *MUNDUS SUBTERRANEUS*. Amsterdam 1665, Bd. II, S. 61: Chiriten („Handsteine“).

UB Würzburg, 26/Rp24, 3211.

Die oberen beiden Darstellungen bezeichnen Gebilde, die einer menschlichen Hand ähnlich sind und die in der Geschichte der Paläontologie als Chiriten („Handsteine“) bezeichnet werden.

*stalt von Zähnen, Rippen, Schienbeinen, Füßen vorstellt, die er selbst in Bologna gesehen zu haben behauptet, und deren Abbildungen ich hier beifügen zu müssen glaubte. All diese Knochen, versichert er allerdings und ist da ganz unserer Meinung, seien Früchte der Erde [...].“ Kircher*